

3D Ανακατασκευή και Ευθυγράμμιση από Εικόνες Μαγνητικής Τομογραφίας Εγκέφαλου

Χ. Παπαχαράλαμπος¹, Γ. Σαμαράς¹, Χ. Π. Λοίζου¹, Ε. Κυριάκου², Μ. Πατziαρής³, Ε. Ηρακλέους⁴, Κ. Σ. Παττιχής⁵

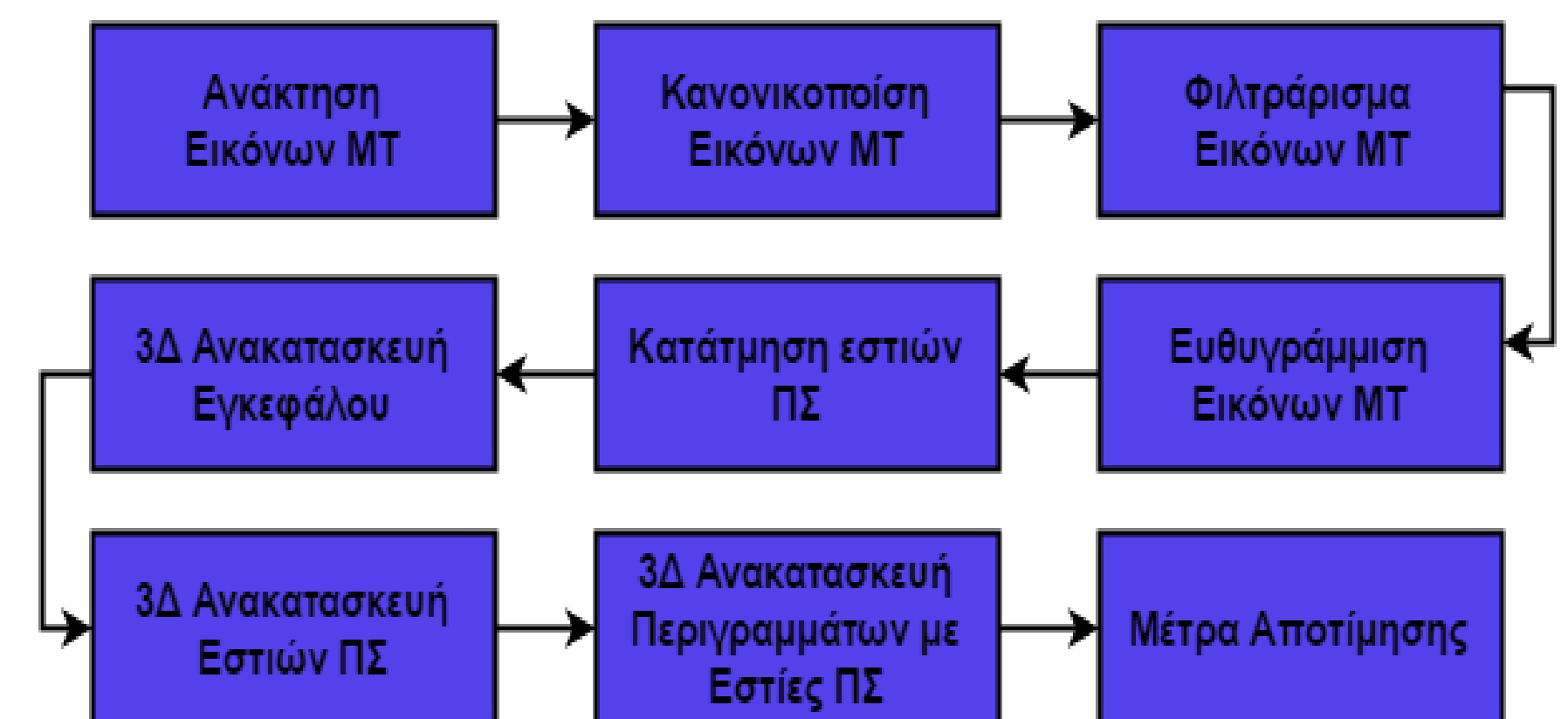
¹Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και Πληροφορικής, Λεμεσός, Κύπρος, E-mails: christos.loizou@cut.ac.cy; gksamaras93@gmail.com; ²Πανεπιστήμιο Frederick, Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών, Λεμεσός, Κύπρος, e-mail: e.kyriacou@frederick.ac.cy; ³Ινστιτούτο Νευρολογίας και Γενετικής Κύπρου, Λευκωσία, Κύπρος, e-mail: rantziari@cing.ac.cy; ⁴Ιατρικό Διαγνωστικό Κέντρο Άγιος Θέρισσος, Λευκωσία, Κύπρος, e-mail: elenerac@gmail.com; ⁵Πανεπιστήμιο Κύπρου, Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών, Λευκωσία, Κύπρος, e-mail: pattichi@ucy.ac.cy

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

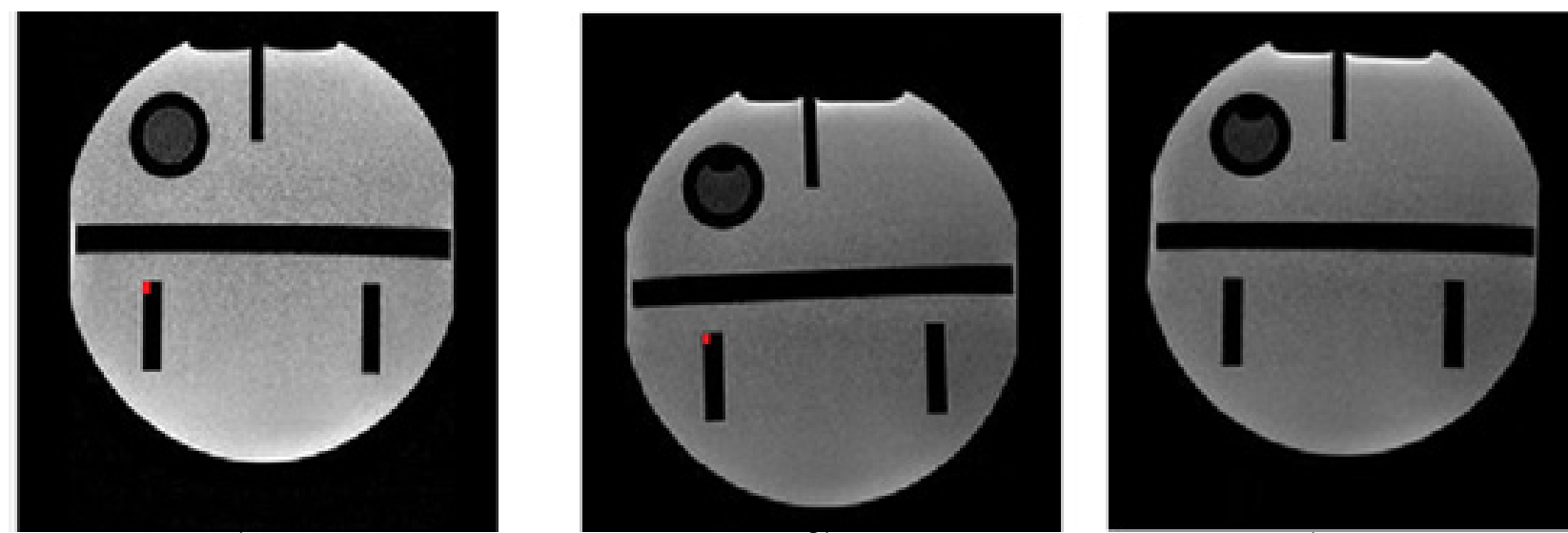
Παρουσιάζουμε ένα ολοκληρωμένο σύστημα (βλ. Εικ. 1) για την τρισδιάστατη (3D) ανακατασκευή και ευθυγράμμιση εγκέφαλου και εστιών πολλαπλής σκλήρυνσης (ΠΣ) από εικόνες μαγνητικής τομογραφίας (MRI). Ασθενείς οι οποίοι παρουσίασαν συμπτώματα ΠΣ, έτυχαν παρακολούθησης σε περίοδο δυο χρόνων και υποβλήθηκαν σε εξέταση MT ανά εξάμηνο σε τέσσερις συνολικά εξετάσεις. Ως εκ τούτου, ανακτήθηκαν οι T2 εικόνες εγκέφαλου MT τύπου DICOM από τις τέσσερις διαφορετικά χρονικές λήψεις (0 μήνες (T0), 6 μήνες (T1), 12 μήνες (T2), 18 μήνες(T3)), με την χρήση του μαγνητικού τομογράφου Philips Achieva 3.0 T. Επιπλέον, εικόνες MRI ανακτήθηκαν χρησιμοποιώντας το American College of Radiology (ACR) MRI Phantom [1].

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

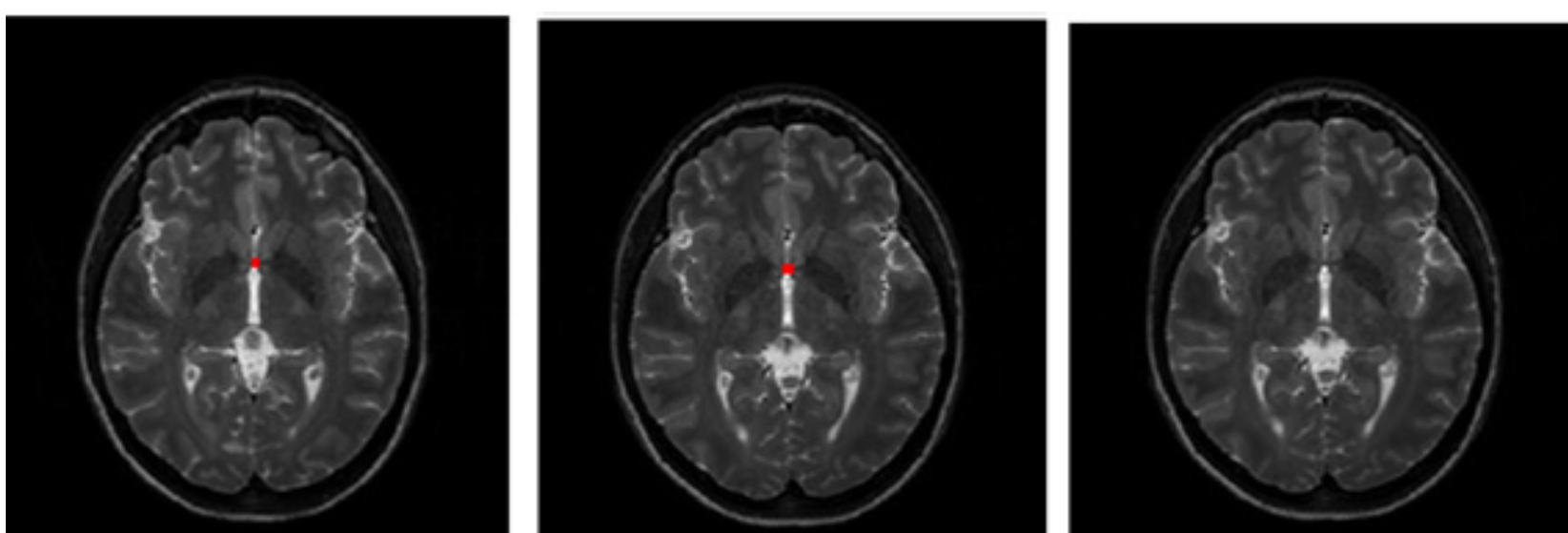
Οι εικόνες MT εγκέφαλου από την κάθε λήψη, έτυχαν προ-επεξεργασίας μέσω κανονικοποίησης ιστογράμματος[2] και ψηφιακού φιλτραρίσματος[3] για την απομάκρυνση αθροιστικού θορύβου. Εν συνέχεια οι εικόνες MT ευθυγραμμίστηκαν βάση της ενδογενούς ευθυγράμμισης[4] και μετέπειτα έτυχαν 3D ανακατασκευής μετατρέποντας τις σε όγκο, χρησιμοποιώντας την μέθοδο των ίσο-επιφανειών [5] και της χαρτογράφησης υφής [6]. Μετά την ανακατασκευή του 3D εγκέφαλου, οι εστίες ΠΣ οι οποίες κατατμήθηκαν χειροκίνητα από τους ιατρούς ευθυγραμμίστηκαν, ανακατασκευάστηκαν με τον ίδιο τρόπο και τοποθετήθηκαν στον 3D όγκο εγκέφαλου. Τέλος, με σκοπό την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων για την διαδικασία της ευθυγράμμισης και της 3D ανακατασκευής χρησιμοποιήθηκαν ποσοτικές μετρήσεις για να υπολογιστεί το σφάλμα μεταξύ των εικόνων αλλά και γενικότερα το ποσοστό της μεταξύ τους συσχέτισης που επιτεύχθηκε.



Εικόνα 1: Διάγραμμα ροής ολοκληρωμένου συστήματος.



Εικόνα 2: 4^η εγκάρσια φέτα MT phantom α) πρώτης χρονικής περιόδου με ενδογενή σημείο, β) δεύτερης χρονικής περιόδου με ενδογενή σημείο, και γ) ευθυγραμμισμένη φέτα phantom ως προς την θέση της πρώτης χρονικής περιόδου.



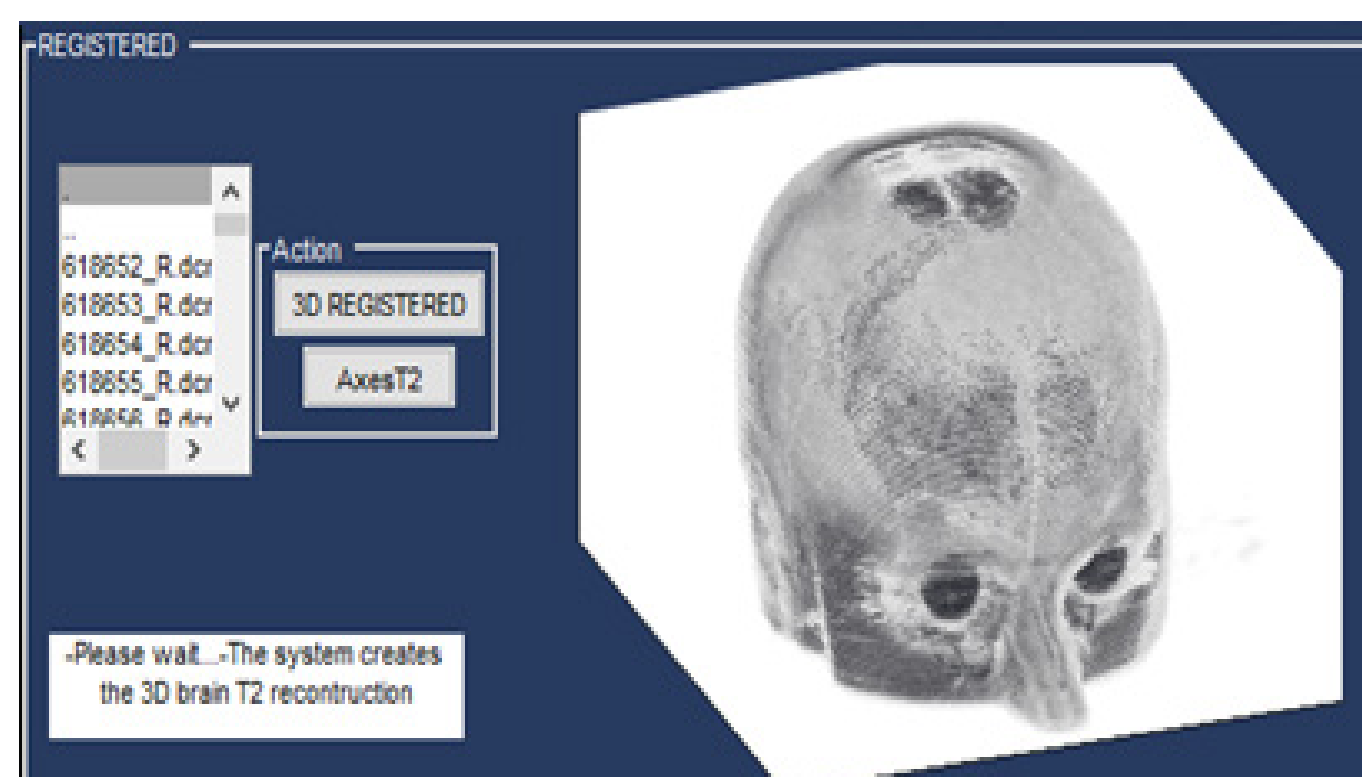
Εικόνα 3: 56^η εγκάρσια φέτα MT εγκεφάλου, α) πρώτης χρονικής περιόδου με ενδογενή σημείο, β) φέτα εγκεφάλου δεύτερης χρονικής περιόδου με ενδογενή σημείο, και γ) ευθυγραμμισμένη φέτα εγκεφάλου.



Εικόνα 4: 3D απεικόνιση εγκεφάλου πρώτης χρονικής λήψης.



Εικόνα 5: 3D απεικόνιση εγκεφάλου δεύτερης χρονικής λήψης.



Εικόνα 6: 3D απεικόνιση εγκεφάλου δεύτερης λήψης μετά την εφαρμογή ευθυγράμμισης.

Ποιοτικό Μέτρο	4 ^η Εγκάρσια Εικόνα MT Phantom		56 ^η Εγκάρσια Εικόνα ασθενή	
Χρονική λήψη	T ₀ -T _{reg}	T ₁ -T _{reg}	T ₀ -T _{reg}	T ₁ -T _{reg}
TPR (%)	72	97	96	98
ACC (%)	75	0.98	97	98
MSE (%)	23	3	4	2
ρ (%)	49	96	93	96

Πίνακας 1: T₀, T₁, T_{reg}: εικόνα χρονικής λήψης 0, εικόνα χρονικής λήψης 1 και ευθυγραμμισμένη εικόνα, TPR: True positive rate, ACC: Accuracy, MSE: Mean square error, ρ: correlation coefficient.

Ποιοτικό Μέτρο	Εικόνες MT Phantom				Εικόνες MT εγκεφάλου			
	T ₀ -T ₁	Std (%)	T ₀ -T _{reg}	Std (%)	T ₀ -T ₁	Std (%)	T ₀ -T _{reg}	Std (%)
TPR (%)	76.3	6.5	97.1	2.5	91.6	4.9	92.9	4.7
TNR (%)	80.3	3.1	97.4	2	96.9	1.3	96.9	1
FPR (%)	19.7	3.1	2.6	2	3.1	1.3	3.1	1
FNR (%)	8.4	6.5	2.9	2.5	8.4	4.9	7.1	4.6
ACC (%)	78.5	4.4	97.2	2	95.4	2.4	95.8	2
PRE (%)	76.2	6.5	96.9	2.6	91.9	4.5	91.9	4.5
SAD (%)	21.4	4.4	2.3	2	4.6	2.3	4.2	2
MSE (%)	42.9	9.5	4.4	3.1	5.4	2.9	4.6	2.3
NAE (%)	52.6	15.2	13.4	6.5	31.5	10	29.6	9.5
ρ (%)	60.2	10	96.4	2.6	87.8	6.4	89.2	5.7
LMSE	1.98	0.5	1.5	0.48	2.1	0.51	1.68	0.5

Πίνακας 2: T₀, T₁, T_{reg}: Εγκέφαλος MT χρονικής λήψης 0, εγκεφάλου MT χρονικής λήψης 1 και ευθυγραμμισμένος εγκέφαλος MT, TPR: True positive rate, TNR: True negative rate, FPR: False positive rate, FNR: False negative rate, ACC: Accuracy, PRE: Precision, SAD: Sum of absolute different, MSE: Mean square error, NAE: Normalized absolute error, ρ: correlation coefficient, LMSE: Laplacian mean square error.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η προτεινόμενη μέθοδος αξιολογήθηκε βάση ποσοτικών μετρήσεων οι οποίες εξάχθηκαν από τις εικόνες MRI εγκεφάλου και τις phantom MRI εικόνες πριν και μετά την εφαρμογή της προ-επεξεργασίας σε αυτές όπως φαίνονται στον πίνακα 1 και 2. Επιπρόσθετα, τα αποτελέσματα αξιολογήθηκαν και οπτικά από δυο κλινικούς ιατρούς.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Αυξημένη επιτυχία κατά την ευθυγράμμιση με πολύ μικρά ποσοστά σφάλματος.
- Παρέχει μια μη επεμβατική διαδικασία για την εξέταση της επιφάνειας του εγκεφάλου και τον ανατομικών χαρακτηριστικών του.
- Αναμένεται ότι το σύστημα θα αυξήσει την εξεταστική ικανότητα του ιατρού και θα προσφέρει ένα επιπλέον ιατρικό εργαλείο για την παρακολούθηση της εξέλιξης της νόσου της ΠΣ.
- Απαιτείται μελέτη ευρύτερης κλίμακας ούτως ώστε το σύστημα να μπορεί στο μέλλον να εφαρμοστεί στην κλινική πρακτική.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] American College of Radiology. Phantom Test Guidance, 2005. www.acr.org/~media/ACR/Documents/Accreditation/MRI/LargePhantomGuidance.pdf
- [2] Loizou, C. P., Patziaris, M., Seimenis, I. & Pattichis, C. S., 2009. MRI intensity normalization in brain multiple sclerosis subjects. CD-ROM Proceedings of the 9th International Conference on Information Technology and Applications in Biomedicine, p. 4.
- [3] Siji T. Mathew, Nachamai M, "Methodical Investigation Methodical filtering algorithms for human brain MRI", IJCTA, 9(21), 2016, pp. 51-57.
- [4] J. P. Thirion, "Image matching as a diffusion process: an analogy with maxwell's demons," *Medic. Image Anal.*, vol. 2, no. 3, pp. 243–260, 1998.
- [5] R. M. Sherekar, Anand Pawar, 2014, 'A MATLAB image processing approach for reconstruction of DICOM images for manufacturing of customized anatomical implants by using rapid prototyping', *American Journal of Mechanical Engineering and Automation*, 1(5): 48-53.
- [6] M. Teschner, C. Henn, H. Vollhardt, June 1994, 'Texture mapping: A new tool for molecular graphic' *Journal of Molecular Graphics*, Elsevier.